

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АСИНХРОНИЗИРОВАННОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Работа посвящена исследованию трехфазного электрического генератора, магнитный поток возбуждения которого формируется источником трехфазного напряжения и перемещается относительно ротора.

Актуальность исследования обусловлена возможностями асинхронизированных машин:

- обеспечивать стабильные значения выходных параметров: напряжения и частоты;
- экономить энергию от нормализации частоты (снижение частоты приводит к увеличению тока при передаче энергии и, соответственно, к росту потерь);
- сберегать энергию за счёт возможности регулирования напряжения и управления качеством энергии.

Существует проблема обеспечения стабильных параметров электрической энергии, получаемой путем преобразования механической энергии от нестабильного ее источника, например, ветряного двигателя. Такая же проблема существует и при нестабильной электрической нагрузке. Эффективным способом решения этих проблем является преобразование механической энергии в электрическую с помощью асинхронизированного синхронного генератора (АСГ).

От синхронных машин АСГ отличаются тем, что магнитное поле перемещается относительно ротора, который его создает, а от асинхронных машин – тем, что это перемещение формируется посторонним источником и является управляемым (рис. 1).

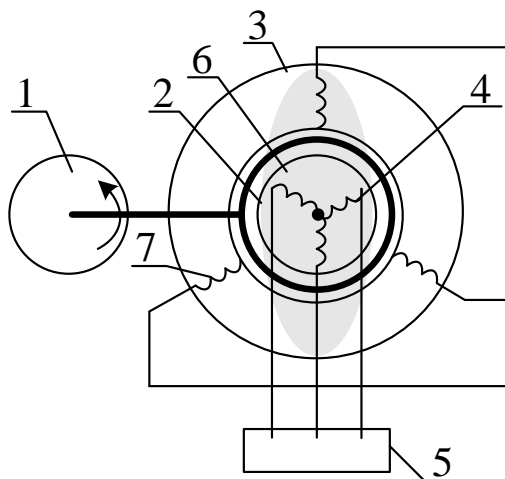


Рис. 1. Схема асинхронизированного синхронного генератора (АСГ):
1 – приводной вал; 2 – ротор синхронного генератора; 3 – статор синхронного генератора; 4 – обмотки ротора; 5 – полупроводниковый преобразователь регулируемой частоты; 6 – магнитное поле возбуждения; 7 – обмотки статора

Теория и практика асинхронизированных машин начинает свое развитие с работ по коллекторным каскадам многих ученых, в том числе М. М. Ботвинника [1].

Асинхронизированные синхронные генераторы относятся к классу машин двойного питания «синхронного» принципа действия. Они обладают устойчивостью по

углу между синхронно вращающимися векторами полей статора и ротора. Структурная схема АСГ изображена на рисунке 2.

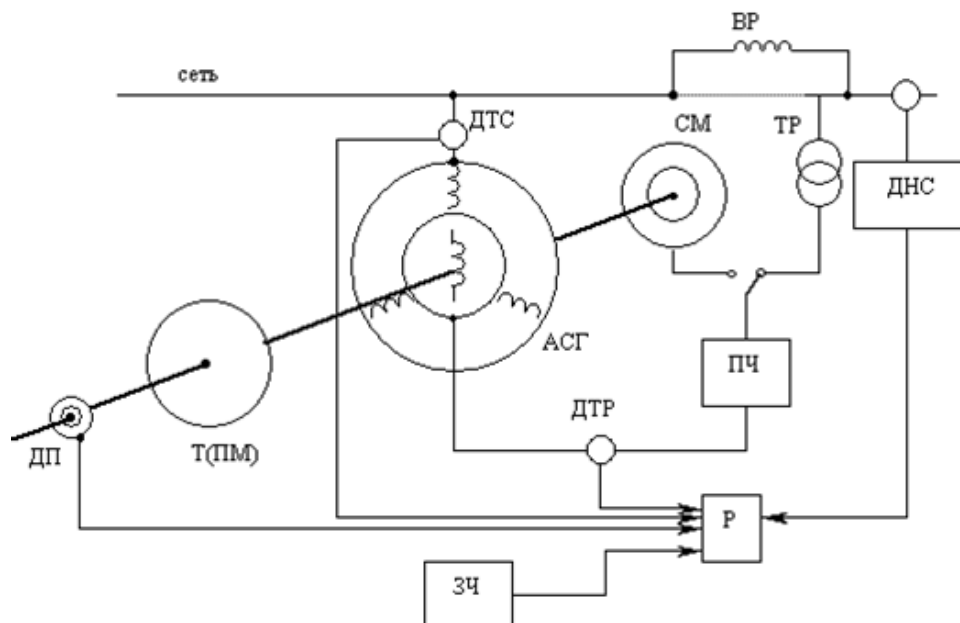


Рис. 2. Схема генерации энергии АСГ:

ПЧ – преобразователь частоты; Р – регулятор; ЗЧ – задатчик частоты; ДНС – датчик напряжения сети; ДТС – датчик тока статора; ДТР – датчик тока ротора; Т(ПМ) – турбина (приводной механизм); СМ – синхронная машина; ТР – трансформатор; ВР – внешняя реактивность; ДП – датчик положения

Для создания кругового поля обмотки ротора система не обязательно должна быть симметричной. На практике встречаются АСГ как с симметричными, так и с несимметричными обмотками.

Обмотку возбуждения можно питать через трансформатор от сети (самовозбуждение) или с помощью дополнительной синхронной машины, работающей на одном валу с АСГ. Наиболее простым способом является питание от сети через трансформатор. Однако этот способ имеет недостатки: сеть загружается реактивным током, потребляемым ПЧ, в нее проникают высшие гармонические, обусловленные дискретностью работы преобразователя. Питание от синхронной машины не имеет этих недостатков; кроме того, путем соответствующего управления ее возбуждением может быть улучшен и гармонический состав токов ротора АСГ. Однако питание от синхронной машины сложнее.

ПЧ является силовым звеном цепи возбуждения АСГ. Его назначение – создавать вращающееся относительно ротора в нужном направлении круговое поле с требуемыми амплитудой, частотой и фазой.

Частотный преобразователь должен также обеспечивать свободный обмен энергией между обмотками ротора и сетью через трансформатор или обмотками ротора и валом АСГ через синхронную машину. В качестве ПЧ используют в основном тиристорные, с непосредственной связью – циклоконвертеры [2–4], в отдельных случаях – ионные.

Внешняя реактивность ВР представляет собой согласующий трансформатор и линию электропередачи высокого напряжения. В сетях низкого напряжения ВР может отсутствовать.

Основным звеном системы управления АСГ является регулятор Р. Который управляет ПЧ и через него – полем ротора АСГ. Регулятор имеет два явно или неявно выраженных внутренних канала управления, в которых формируется закон управления полем ротора (так как поле может быть представлено в виде вектора,

имеющего две независимые проекции на оси ротора). При этом электромеханическая устойчивость машины двойного питания (МДП) определяется не частотой вращения полей статора и ротора, а их взаимным положением, т. е. углом между векторами, определяющими эти поля. Число выходов регулятора равно числу обмоток ротора.

Основными датчиками, на базе информации которых регулятор формирует закон управления полем ротора, являются датчик напряжения сети ДНС и задатчик частоты ЗЧ. Задатчик частоты представляет собой автономный генератор синусоидальных колебаний постоянной амплитуды. С его выхода снимается информация о векторе напряжения источника независимой частоты. ДП дает информацию об угловом положении ротора АСГ относительно статора и его частоте вращения. Датчик ДНС информирует о векторе напряжения сети: модуле, фазе и частоте. ДНС – обычный измерительный трансформатор напряжения, ДТС – измерительный трансформатор тока [5].

Более сложным устройством является датчик ДТР. Поскольку при измерении токов ротора АСГ имеют дело с токами низкой частоты, применение измерительных трансформаторов исключено. Используются схемы с шунтами или датчиками Холла [1, 4].

В настоящее время определена широкая и важная область применения асинхронизированных машин – в электроэнергетических системах и схемах электроприводов различных механизмов. Например, асинхронизированные генераторы и компенсаторы могут найти применение в электроэнергетических системах, в состав которых входят высоковольтные линии электропередачи. Такие линии, обладающие значительной зарядной мощностью, требуют работы генераторов и компенсаторов в режимах глубокого потребления реактивной мощности в часы снижения активных нагрузок. Применение для этой цели реакторов не всегда эффективно и требует значительных затрат. Благодаря наличию на роторе не однофазной, а двух- или трехфазной обмотки возбуждения, АСГ могут использоваться для испытания генераторов постоянного тока методом взаимной индукции. Путем регулирования на этих обмотках тока возбуждения, можно плавно изменять угол между вектором потока возбуждения и «продольной» осью машины, а следовательно, и угол нагрузки.

Достоинства АСГ позволяют использовать их как автономные генераторы, например, в ветроэнергетике. Вопросам управления автономной ветроэлектрической установкой с АСГ посвящена работа Л. С. Козлитина [6], который описывает функциональную схему ветроэлектрической установки, работающей в автоматическом режиме. Разработана система ее управления, которая обеспечивает высокое качество вырабатываемой электроэнергии и хорошее использование мощности ветродвигателя в широком диапазоне скоростей ветра. Известны работы Ю. Г. Шакаряна [7, 8], в которых рассматриваются варианты автономного генератора по схеме машины двойного питания, в частности, представлена структурная схема автономного АСГ, а также предложено решение проблемы поддержания баланса реактивной мощности с помощью дополнительных источников.

Благодаря своим достоинствам АСГ сегодня находят широкое применение в промышленности.

Выводы.

1. Согласно проведенным исследованиям, для варианта АСГ с классическим непосредственным преобразователем частоты требуется наиболее мощный источник реактивной мощности (ИРМ). Наименее мощный необходим для варианта АСГ с ШИМ-ПЧ.

2. На основе анализа электромагнитных процессов в АСГ проведена оценка коэффициента нелинейных искажений. Определено, что для варианта АСГ с классическим НПЧ коэффициент нелинейных искажений меньше. Это обусловлено

тем, что мощный ИРМ выполняет функцию фильтра высших гармоник. На основе коэффициента потерь проведена оценка энергетических показателей.

Список использованных источников

1. Ботвинник М. М., Шакарян Ю. Г. Управляемая машина переменного тока. М.: «Наука», 1969.
2. Зархи М. И. и др. Промышленные испытания асинхронизированного генератора мощностью 50 МВА // Электричество. 1973. №4. С. 582–54.
3. Никитин Н. Э. и др. Асинхронизированный синхронный электропривод цементной мельницы // Электричество. 1978. № 3. С. 87–89.
4. Ботвинник М. М., Шакарян Ю. Г. Об управляемых машинах переменного тока // Промышленность Армении. 1976. № 8. С. 23–27; № 9. С. 18–21. (РЖЭ. 1977, 1И233).
5. Итоги науки и техники. Электрические машины и трансформаторы. Т. 2. ВИНТИ, 1979.
6. Козлитин Л. С. Управление автономной ветроэлектрической установкой с асинхронизированным синхронным генератором. URL: <http://www.festu.ru/ru/structure/library/library/vologdin/v2000-II/40.htm>.
7. Шакарян Ю. Г., Бобылев А. В. Новое энергетическое оборудование XXI века. URL: <http://www.rao-ees.elektra.ru/ru/news/gazeta/151-2004/show.cgi?novo.htm>.
8. Шакарян Ю. Г. Асинхронизированные синхронные машины. Варианты автономного генератора по схеме машины двойного питания с различными типами преобразователей частоты. URL: <http://www.elecab.ru/obzor1-1.htm>.